
UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 01210359 4





G Kirchhoff.

GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF.

Festrede

zur Feier des 301. Gründungstages

der

Karl-Franzens-Universität zu Graz

gehalten am 15. November 1887

von

Dr. Ludwig Boltzmann

z. Z. Rector.

Mit dem Bildniss Kirchhoff's in Stahlstich.



Leipzig

Johann Ambrosius Barth.

1888.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Vorwort.

Als ich mich entschlossen hatte, der Aufforderung einiger academischer Freunde entsprechend, bei dem im Titel erwähnten Anlasse über Kirchhoff *zu sprechen, wandte ich mich sogleich an mehrere Collegen mit der Bitte um Daten aus dessen Leben. Für die grosse Freundlichkeit, mit welcher diese Bitte erfüllt wurde, sage ich hier Allen meinen wärmsten Dank, besonders den Hrn. Proff.* Königsberger *und* Quincke *in Heidelberg und* Krause *in Rostock; ausserdem noch dem Hrn. Premierlieutenant* Kirchhoff, *dem Sohne des Verewigten. Einiges entnehme ich auch einem Artikel Hrn.* Otto Neumann Hofers *in der Grazer Tagespost. — Der schöne Nekrolog Hrn. Prof.* Hofmann's *in den Berichten der chemischen Gesellschaft zu Berlin kam mir erst zur Hand, als das vorliegende bereits geschrieben war.*

Bei Ausarbeitung meines Vortrags wuchs leider der über Kirchhoff's *Arbeiten handelnde Theil so sehr an, dass ich aus Rücksicht auf die disponible Zeit alles Biographische weglassen musste. Vielleicht ist es jedoch den Lesern meines Vortrags nicht ganz unwillkommen, wenn ich an dieser Stelle einiges vom gesammelten Materiale mittheile, vielfach wörtlich nach den erhaltenen Briefen. Selbstredend wollte ich lediglich das Ge-*

dächtniss KIRCHHOFF's *feiern und hatte nie die Absicht einen Nekrolog oder eine Biographie* KIRCHHOFF's *zu schreiben; ich wäre sonst, da ich nur einmal vor etwa 17 Jahren ganz flüchtig und vorübergehend mit* KIRCHHOFF *verkehrte, in der misslichen Lage eines Malers, der ein Portrait ganz aus dem Gedächtnisse entwerfen soll; doch mag das Folgende immerhin als Vorarbeit nicht ganz ohne Nutzen sein, wenn später von berufener Feder eine Biographie geliefert wird.*

Nichts Aussergewöhnliches in KIRCHHOFF's *Leben entspricht der Aussergewöhnlichkeit seines Genius; seine Laufbahn war vielmehr die gewöhnliche des deutschen Universitätsprofessors. Die grossen Ereignisse vollzogen sich bei ihm lediglich im Gehege seines Kopfes.* KIRCHHOFF *war zu Königsberg, das sich gerne die Stadt der reinen Vernunft nennen lässt, am 12. März 1824 geboren. Sein Vater, Justizrath daselbst, war ein stiller ernster Mann, seine Mutter, deren er, wie soviele grosse Geister Deutschlands stets mit besonderer Pietät gedachte, eine lebhafte, geistig rege Frau. Einer der Brüder* KIRCHHOFF's *starb zu Berlin als praktischer Arzt, der andere war daselbst Obertribunalrath und ist jetzt Reichsgerichtsrath in Leipzig. Mit diesen beiden älteren Brüdern besuchte* KIRCHHOFF *das Kneiphöf'sche Gymnasium in Königsberg. Mit 18 Jahren maturirte er und kam an die Universität seiner Vaterstadt, wo er* FRANZ NEUMANN, *der jetzt der Vater und Nestor der neuen theoretischen Physik genannt werden kann, und den Mathematiker* RICHELOT *hörte. Des ersteren Einfluss auf* KIRCHHOFF's *Vorlesungen und Forschungen blieb bis in die späteste Zeit bemerkbar, des letzteren Tochter* CLARA *wurde 1857* KIRCHHOFF's *erste Frau.*

In Neumann's mathematischem Seminare brachte Kirchhoff — 21 Jahre alt — seine erste Arbeit über den Durchgang der Electricität durch Platten. Mit 23 Jahren promovirte er und erhielt ein damals selten gewährtes Stipendium zu einer wissenschaftlichen Reise nach Paris, an deren Ausführung ihn jedoch die politischen Unruhen verhinderten. 1848 habilitirte er sich in Berlin; von dort wurde er 1850 als ausserordentlicher Professor nach Breslau berufen, wo Frankenheim Ordinarius für Physik war. Ein günstiges Geschick, welches für Kirchhoff's Leben entscheidend wurde, führte 1851 Bunsen von Marburg nach Breslau und wenn auch Bunsen schon ein Jahr darauf einem Rufe nach Heidelberg an Gmelin's Stelle folgte, so hatte diese Zeit doch ausgereicht, um beide Männer fürs Leben wissenschaftlich und persönlich miteinander zu verbinden, so dass Bunsen, als Jolly 1854 nach München ging, keinen besseren vorzuschlagen wusste als Kirchhoff — und wie sehr hat ihm die Zeit Recht gegeben! Vier Jahre später trat Helmholtz, damals als Professor der Physiologie und später auch der Mathematiker Königsberger in diesen Kreis. Die ungetrübteste Freundschaft verband diese Männer auch mit Zeller, Kopp, Häusser, von Vangerow u. A.

Kirchhoff's damalige theoretische und experimentelle Vorlesungen zogen Schüler aus allen Ländern herbei, denen er nicht bloss ein verehrter Lehrer und mächtig anregender Berather, sondern auch ein warmer Freund war. Sein Vortrag war ruhig, klar, sorgsam durchdacht, kein Wort zu viel, keines zu wenig, weshalb er in kurzer Zeit ungewöhnlich Vieles und Reichhaltiges bot. Er liebte es dabei den einen oder andern

Zuhörer anzusehen und ihm gewissermassen an den Augen abzulesen, ob er das Vorgebrachte verstände. Seine experimentellen Demonstrationen waren stets präcise und elegant durchgeführt, oft durch selbsterfundene Apparate z. B. sein Electrometer gestützt. Kirchhoff's Zeit war strenge eingetheilt; er arbeitete lieber beim Scheine des Tagesgestirns, dessen Kenntniss er so sehr gefördert, selten nach 8 Uhr Abends. Sein Leben war äusserst zurückgezogen, doch liebte er heitere ungezwungene Geselligkeit. Im Umgange war er äusserst gefällig und liebenswürdig gegen Jedermann, aufopfernd gegen seine Freunde, jedoch stets von einer vornehmen, gegen Fremde etwas zurückhaltenden Bescheidenheit. Es bedurfte einer gewissen Initiative, bis er warm wurde, was am raschesten im wissenschaftlichen Gespräche geschah. Dann aber war er hinreissend; dann sagte er rückhaltlos seine Meinung und liess es auch an scharfen Urtheilen nicht fehlen über das, was ihm widerstrebte. Doch gerieth er dabei nie in Zorn, nicht einmal in heftige Erregung, es konnte gewissermassen nichts seine innere Harmonie stören. Er war so wahrheitsliebend, dass er jeder Behauptung, deren er nicht absolut sicher war, ein »vielleicht« oder »wahrscheinlich« beizufügen pflegte; dafür galt er aber in dem, was er sicher behauptete, Allen als Autorität.

1869 starb Kirchhoff's erste Frau und hinterliess ihm zwei Söhne und ebensoviele Töchter. Kirchhoff's ältester Sohn ist jetzt Premierlieutenant in Saarlouis, der jüngere Assistent des Chirurgen v. Bergmann in Berlin, die ältere Tochter ist an den Professor der Geologie Branco in Königsberg verheirathet. Schon 1868 hatte sich Kirchhoff durch Uebertreten eines Beines ein hartnäckiges Fussleiden zugezogen, welches ihn lange an die Krücke

oder in den Rollstuhl zwang, später zwar wieder nachliess, aber nie ganz wich.

Um Weihnachten 1872 verheirathete sich Kirchhoff *zum zweiten Male mit Frl.* Luise Brömmel *aus Goslar, welche zur Zeit die Oberaufsicht in der Augenklinik Prof.* Becker*'s in Heidelberg führte. Diese Ehe war zwar kinderlos aber wieder so glücklich, dass er einmal äusserte, ihm habe des Lebens Mai zweimal geblüht.*

Der Zauber der schönen Neckarstadt, der altehrwürdigen Ruperta Carolina und nicht am wenigsten der schönen im Freundeskreise daselbst verlebten Stunden war so mächtig, dass Kirchhoff *einen glänzenden Ruf an* Magnus *Stelle, sowie einen zweiten an die leitende Stelle der inzwischen in Potsdam errichteten Sonnenwarte ausschlug. Erst als ihm zunehmende Kränklichkeit die experimentelle Thätigkeit mehr und mehr verleidete und unter dem Einflusse gewisser bedauerlicher Vorgänge an der Heidelberger Hochschule, gelang es der Universität der Hauptstadt des neuen deutschen Reiches* Kirchhoff *bei der 3. Berufung im Jahre 1875 zu gewinnen, wo sich ihm als Professor der theoretischen Physik eine neue glänzende Laufbahn eröffnete und wo er fernab vom Experimente sein Leben beschloss. 1884 daselbst zum Rector gewählt, schlug er wegen Kränklichkeit dieses Ehrenamt aus und musste bald auf dringendes Rathen seiner Aerzte hin seine Vorlesungen unterbrechen; im Wintersemester 1885/86 nahm er diese unter Aufbietung aller seiner Kräfte noch einmal auf — zum letzten Male. Den Sommer darauf brachte er in Baden und den nächsten in dem schon seit der Heidelbergerzeit von ihm so sehr geliebten Harze in Wernigerode zu, wo er, der stets ein warmer Naturfreund gewesen, im Kreise seiner*

Familie noch einmal Ausflüge im Rollstuhle machte. Körperlich gebrochen aber noch immer geistig frisch und heiter kehrte er nach Berlin zurück, seine letzten Leiden, wie alle früheren mit der erhabensten Geduld und Sanftmuth tragend. Bald erregten wiederholte Fieberanfälle die Besorgniss seiner Umgebung. Seine Frau, welche die letzten Nächte wachend an seinem Bette zubrachte, ruhte am 17. October d. J. Morgens kurze Zeit aus — als sie erwachte, war ein grosser und edler Mensch nicht mehr, sanft und friedlich war er entschlafen. Ein schweres, aber schmerzloses Gehirnleiden hatte nach dem Ausspruche der Aerzte seinem Leben ein Ende gemacht.

So übergebe ich denn die folgende Rede (mit mehreren Zusätzen und wesentlichen Abänderungen) dem Publikum, zufrieden, wenn sie nur einen kleinen Theil jener Erhebung mitzutheilen vermag, welche mir ihre Abfassung bot.

Graz, im November 1887.

Ludwig Boltzmann.

Hochansehnliche Versammlung!

Die Feier, welche voriges Jahr in diesen Räumen unsere Herzen höher schlagen machte, sie ist verrauscht; war sie auch nicht mit dem Prunkgewande äusseren Pompes angethan, das geistige Prunkgewand edler Erhebung, es hat ihr nicht gefehlt. Wie Kinder zu ihrer geliebten Mutter, so blickten wir Söhne unserer Alma Mater mit warmer Begeisterung und treuer Liebe zu ihr auf an ihrem Ehrentage, und wir wussten warum.

Mir fällt nun heute die Aufgabe zu, wieder einzulenken in das Einerlei des Alltagslebens, das, gleichwie beim Baue durch Menschenhand Stein auf Stein zusammen gefügt wird, Jahr an Jahr reiht — ich bin dessen sicher —, zu neuem Ruhme unsrer Alma Mater, bis in fernen Zeiten ein später Nachfolger wieder einen gleichen Festtag verkündet.

Und doch ist auch der Eintritt ins dreihundert erste Jahr des Daseins nicht ohne Anlass zu ernsten Betrachtungen.

Fordert der dreihundertjährige Jubeltag auf zum Rückblicke in die Vergangenheit, zur Freude an dem, was unsere Universität gewesen und geworden, so ladet

der heutige Tag ein zum Blicke in die Zukunft, in den heute sich aufthuenden, noch undurchmessenen Raum des vierten Jahrhunderts.

Da betrachte ich es als einen glücklichen Zufall, dass die Aufgabe diesen Blick zu thun, gerade einem Vertreter der Naturwissenschaft zufiel, einem Vertreter der Physik, der Mutter aller übrigen Naturwissenschaften, welche den mathematischen Disciplinen die Nahrung, den speciellen Naturwissenschaften die Gesetze giebt.

Sinn und Herz des akademischen Lehrers mangelt mir nicht so sehr, dass ich nicht das schöne Wort *universitas* verstünde, dass ich nicht das Wesen unserer Hochschule in der Zusammenfassung aller Zweige menschlichen Wissens erblickte; aber nur dadurch wird das Ganze gefördert, dass jeder seine eigene Fahne hochhält, und daher werden Sie es mir nicht verargen, wenn ich mich vermesse unter der der Naturwissenschaft unsere Alma Mater ins anbrechende Jahrhundert einzuführen.

Wie Faust dem Weltgeiste, so steht der Sterbliche zitternd der abstracten Wissenschaft gegenüber; ihre unergründliche Tiefe erschreckt ihn; was er auch errungen, ein Blick in den Sternenraum, ein Gedanke an die Urgesetze des Geschehens und des Lebens und es verschwindet. So gerne ruht da das Auge, ge-

blendet vom Glanze der Unendlichkeit, aus auf einem Helden der Wissenschaft, der uns in ihrer Bewältigung ein Vorbild ist, und doch Mensch wie wir; und wer könnte uns da ein besseres Vorbild sein, als der grosse Fürst im Reiche des Gedankens, der erst vor wenig Wochen der Welt entrissen wurde, GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF? Mein Verzeichniss der Berufsgenossen, denen ich meine Schriften zusende, wie viele schwarze Striche weist es bereits auf! Aber noch nie machte ich einen neuen mit so schwerem Herzen als im verflossenen October. — Möge es meiner schwachen Kraft gelingen in dieser flüchtigen Stunde sein erhabenes Bild in unsere Mitte zu bannen und an seinem Geiste unseren Geist zu beleben. —

Nicht der Flitter äusseren Glanzes ist es, den ich Ihnen da vorzuführen habe, äusserer Prunk war KIRCHHOFFS Sache nicht, in desto reinerem Sinne aber war er mit jenem geistigen Prunkgewande angethan, von dem ich Eingangs sprach: in seiner edlen Bescheidenheit und herzgewinnenden Güte war er so recht das Urbild des deutschen Gelehrten. Seine hochgewölbte Denkerstirne, seine vornehm ruhigen Züge, sein mildes blaues Auge, das so feurig, so bezaubernd blicken konnte, ruhen nun im Grabe, — hätte ich den Pinsel Raphaels, die Zunge Homers, ich könnte sie nicht vor Sie hinzaubern. Nur sein geistiges Bild, das Bild seiner Werke will ich zagend zu entwerfen suchen.

Wenn auch das Kämpfen und Ringen auf dem

Arbeitsfelde der Wissenschaft stets nur das Vorrecht Weniger sein wird, das Errungene selbst ist heute längst das Gemeingut Aller geworden. Daher giebt es wohl kaum einen Gebildeten, vor dessen Seele bei Nennung des Namens Kirchhoff nicht das Bild des noch so jungen, aber bereits so mächtigen, an der Grenze der Physik, der Chemie und der Astronomie emporgewachsenen Wissenschaftszweiges träte — der Spectralanalyse. Soll ich da nicht längst Bekanntes wiederholen, so muss ich mich kurz fassen, und doch verbietet zu grosse Kürze die Schwierigkeit des Gegenstandes. Möge ich das Richtige treffen.

Die Einheit der Naturkräfte überall aufzudecken, ist ein Hauptziel der Naturwissenschaft. Da gelang es schon längst die nahe Verwandtschaft von Schall und Licht nachzuweisen; beide sind schwingende zitternde Bewegungen. Im ersten Falle lehren die einfachsten Experimente, dass das Tempo der Erzitterungen, die sogenannte Schwingungsdauer, die Tonhöhe bestimmt; im letzten Falle wird durch die Schwingungsdauer die Farbe definirt, wie schon Huyghens ahnte und Fresnel nachwies. Die Farbe ist also in der Optik genau das, was in der Akustik die Tonhöhe ist: nur ein quantitativer Unterschied besteht, die Lichtschwingungen geschehen billionenmal schneller. Dies bewirkt, dass der Schall um die Ecke geht, dass ihm die Haupteigenschaft des Lichtes, das Bestreben die ursprüngliche Richtung beizubehalten, fehlt. Dementsprechend ist

auch unser Ohr zur Auffassung der Richtung, aus welcher der Schall kommt, nur sehr unvollkommen befähigt; dagegen in geradezu staunenerregendem Maasse zur Auffassung der Schwingungsdauer, also der Tonhöhe. Von 30 bis 30,000 Schwingungen in der Secunde, vielleicht noch etwas weiter geht die sichere musikalische Tonempfindung; sie umfasst also gut 10 Octaven, deren jede 12 halbe Töne hat. Da ein geübtes Ohr den zehnten Theil eines halben Tones bemerkt, so vermögen wir sicher 1200 verschiedene Tonhöhen zu unterscheiden. Dazu kommt noch, dass wir in einem Zusammenklange jeden einzelnen Ton heraushören können; der geübte Capellmeister vermag mitten im Brausen des Orchesters jeden falschen Ton zu erkennen. Dies befähigt auch mit Hilfe der Obertöne zur Perception der sogenannten Klangfarbe; wenngleich die Obertöne meist nicht einzeln zum Bewusstsein kommen, so bemerkt das Ohr doch selbst unbedeutende Veränderungen jedes einzelnen derselben.

Wie überhaupt in der Natur kein Wesen dem andern, so gleicht auch das Gesetz der Schwingungen für keinen schwingenden Körper ganz dem des anderen, und vermöge seines bewunderungswürdigen Perceptionsvermögens vermag das Ohr jeden Ton von jedem andern zu unterscheiden. Hunderte von Menschen erkennen wir jeden an seiner Stimme, und welche tausendfältigen Modulationen vermag wieder jeder dersel-

ben in einen Laut, einen Seufzer zu legen, und das Ohr vermag alle diese Modulationen zu unterscheiden. Im grellen Gegensatze hierzu zielt beim Auge alles auf Erfassung der Richtung ab, aus welcher der Lichtstrahl kommt. Tausende von Nervenendigungen dienen jede einer anderen Richtung und dadurch, dass wir unterscheiden, aus welcher Richtung des Raumes jeder Lichtstrahl unser Auge trifft, können wir uns ein Bild der umgebenden Objecte machen. Dafür ist die Unterscheidung der verschiedenen Schwingungsdauern oder, was auf dasselbe hinauskommt, der verschiedenen Farben eine äusserst dürftige. — Während beim Ohre Tausende, so dienen hier wahrscheinlich nur drei verschiedene Elemente der Auffassung des ganzen Farbenumfanges; daher die geringe Ausdrucksfähigkeit eines Farbenspieles, etwa eines bunten Feuerwerkes, gegenüber der eines Musikstückes, daher namentlich die geringe Fähigkeit, Mischfarben als verschieden zu erkennen, aus einem Farbengemische die Bestandtheile herauszusehen. Aus drei verschiedenen Farben, roth, grün und violett, vermag man durch passende Mischung alle Farben herzustellen, welche selbst der geübteste Maler unterscheidet, — die Farbenmannigfaltigkeit gleicht einem musikalischen Instrumente, das nur dreier verschiedener Töne fähig ist, die im Allgemeinen mit verschiedener Intensität gleichzeitig erklingen. Das Auge ist eben zu sehr durch die Raumwahrnehmung in Anspruch genommen, und da bleibt nur wenig

Raum übrig für die Wahrnehmung der Schwingungsdauer; oder hat der Schöpfer absichtlich nicht einem Sinne alle Vollkommenheiten gewährt und schenkte uns dafür einen KIRCHHOFF, der, wie wir sehen werden, durch seinen Scharfsinn diese Lücke ausfüllte.

Da das Auge Raumsinn ist, so müssen die Farben, wenn sie gesondert zur Wahrnehmung gelangen sollen, räumlich getrennt werden und jeder hierzu dienende Apparat heisst im weitesten Sinne Spectralapparat.

Den einfachsten Spectralapparat bietet uns die Natur im farbenglänzenden Thautropfen; manche andere Farbenerscheinung gehört ebenfalls im weitesten Sinne zu den Spectralerscheinungen, z. B. das schon im Alterthume beobachtete Phänomen, dass ein in tiefem, sehr klarem Wasser fallender Kiesel einem umgekehrten Flämmchen ähnelt, indem er oben blau, unten roth gefärbt scheint. Tausende von Regentropfen im Scheine der Abendsonne erzeugen ein Spectrum von bemerkenswerther Reinheit — den Regenbogen, welcher bereits in gewissem Sinne analysirt, indem er um die Zeit des Mittags reich an blauen und violetten Strahlen ist, bei Sonnenuntergang aber fast nur roth enthält. — NEWTON ahmte den Regenbogen künstlich durch das Prisma nach, aber NEWTON's Prisma trennte die Farben nicht scharf, das heisst an jeder Stelle war noch Licht von ziemlich verschiedener Schwingungsdauer gemischt. Es glich einem Violinspiele, bei welchem die Töne nicht rein, sondern nur beiläufig angegeben werden. Eine scharfe Tren-

nung gelang WOLLASTON, der zuerst schwarze Linien im Sonnenspectrum wahrnahm; eingehender untersuchte sie dann der berühmte Optiker FRAUNHOFER, dessen Namen sie noch heute tragen. — Es konnte nicht fehlen, dass man ausser der Sonne auch noch andere Lichtquellen durch's Prisma betrachtete und da sah man merkwürdige helle Linien, von denen einige in der Lage auffallende Aehnlichkeit mit den dunklen Linien des Sonnenspectrums hatten, namentlich eine helle gelbe Linie, meist die Anwesenheit von Natrium begleitend, schien vollkommen mit der von FRAUNHOFER mit *D* bezeichneten dunklen Linie zusammenzufallen. KIRCHHOFF interessirte sich von Anfang an hierfür sehr, doch gute, zur Darstellung der FRAUNHOFER'schen Linien taugliche Flintglas-Prismen gab es damals noch selten. Erst 1857 erhielt KIRCHHOFF das erste, von FRAUNHOFER selbst geschliffene Flint-Prisma. Sofort machte er sich mit BUNSEN an die Prüfung der Beziehung des gelben Streifens zur *D*-Linie; er erzeugte ein Sonnenspectrum und betrachtete darin die *D*-Linie, dann brachte er zugleich eine kochsalzhaltige Flamme ins Gesichtsfeld und erwartete die früher schwarze Linie nun hell zu sehen. Bei schwachem Wolkenlichte geschah dies auch, aber bei hellem Sonnenlichte wurde die dunkle Linie noch breiter und schwärzer. Mit den Worten: „das scheint mir eine fundamentale Geschichte" — verliess er das Zimmer und am nächsten Tage hatte er die Ursache gefunden; die dunklen und hellen Linien sind nicht

wesentlich verschieden; jeder Körper absorbirt genau dasselbe Licht, welches er aussendet, — ist er hell auf dunklem Grunde, so erscheinen auch seine Linien hell auf dunklem Hintergrunde, — ist er dagegen selbst schwach leuchtend und sieht man durch ihn hindurch eine hellere Fläche, so erscheinen dieselben Linien dunkel im hellen Felde. — Kirchhoff hatte seinen Satz von der Beziehung zwischen Absorptions- und Emissionsvermögen, den Satz von der Umkehrung der Spectrallinien, gefunden.

Nachdem die einheitliche Natur aller dieser Linien festgestellt war, kam die Frage nach ihrer Unveränderlichkeit.

Ist jeder Mensch durch den Klang seiner Stimme, jedes musikalische Instrument — ja jede Fensterscheibe, jedes Trinkglas durch seinen eigenthümlichen Ton charakterisirt, warum sollte nicht auch jede Substanz durch die Schwingungsdauer des von ihr ausgesandten oder absorbirten Lichtes charakterisirt sein? — Hier kamen die Forschungen Bunsens sehr zu gute. Es war schon lange bekannt, dass die meisten Substanzen der Löthrohrflamme, sobald sie durch deren Hitze verflüchtigt und lebhaft glühend werden, eine charakteristische Farbe ertheilen, Natrium eine gelbe, Lithium eine rothe, Kupfer eine grüne, und man hatte diesen Umstand schon längst zur qualitativen Analyse benützt. Ein Körper, der das charakteristische Gelb zeigte, war sicher Natrium. Brachte man aber ein Gemisch verschiedener Substanzen

in die Flamme, so scheiterte diese Methode an der Unfähigkeit des Auges, in einem Farbengemische die Bestandtheile zu erkennen. Bunsen und sein Schüler Cartmell versuchten dies durch farbige Gläser zu erleichtern; ein rothes Glas blendete die Farben der übrigen Bestandtheile ab und man konnte das Roth des Lithiums besser unterscheiden. Kirchhoff erkannte sofort, wie dieser Zweck viel vollkommener erreicht würde, wenn man alle Strahlen von verschiedener Schwingungsdauer in ein reines Spectrum räumlich auseinander legte. Die Farbe jedes Bestandtheiles des Gemisches musste dann an einer anderen Stelle des Spectrums zum Vorschein kommen und jeder Bestandtheil sofort an seiner Farbe zu erkennen sein.

Kirchhoff construirte nun einen ausgezeichneten Spectralapparat mit vier Fraunhofer'schen Flintglas-Prismen und vielen feinen Messvorrichtungen. Es zeigte sich, dass im glühenden und flüchtigen Zustande, wo die Moleküle unbeirrt von ihren Nachbarn schwingen, jeder Körper nur ganz bestimmtes, ihn charakterisirendes Licht aussendet. Die wenigsten Körper jedoch senden nur Licht von einer einzigen Schwingungsdauer aus; die meisten vielmehr gleichzeitig verschiedene Strahlen von verschiedenen Schwingungsdauern; das heisst, sie geben viele Spectrallinien.

Bringt man ein Gemisch von Körpern in die Flamme, so treten die Spectrallinien jedes Bestandtheiles räumlich getrennt nebeneinander auf, so dass

man jeden unzweideutig mit voller Sicherheit erkennen kann. Die Spectrallinien der wichtigsten chemischen Elemente wurden im Vereine mit BUNSEN genau gezeichnet und auch das Sonnenspectrum sorgfältig untersucht. In letzterem fanden sich die Linien von Natrium, Eisen, Nickel, Mangan und vielen anderen Stoffen, — aber natürlich dunkel auf hellem Grunde. Alle diese Untersuchungen, welche die Grundlage der Spectralanalyse für alle Zeiten bilden, wurden im Jahre 1859 und den folgenden Jahren veröffentlicht.

Wir sahen, dass das Ohr etwa 1200 verschiedene Tönhöhen, das heisst ebensoviele verschiedene Schwingungsdauern zu unterscheiden vermag.

KIRCHHOFF's Scala theilt den sichtbaren Theil des Spectrums in 3000 Theile; ein Zehntel eines solchen Scalentheiles vermag das Auge noch zu erkennen. so dass man also im leicht sichtbaren Theile des Spectrums Strahlen von etwa 30.000 verschiedenen Schwingungsdauern gewissermassen 30,000 einfache Farben zu unterscheiden vermag, — wie sehr ist also das mit KIRCHHOFF's Spec ralapparate bewaffnete Auge auch in Bezug auf Unterscheidung der Schwingungsdauern dem Ohre überlegen, wobei natürlich auch jeder Bestandtheil eines Farbengemisches noch viel vollkommener als durch das Ohr einzeln wahrgenommen werden kann. Natürlich wurde später namentlich von ANGSTRÖM und ROWLAND noch grössere Genauigkeit erzielt. Nimmt man noch dazu, dass LANGLEY mittelst des Bolometers die

Grenze des beobachtbaren Spectrums nach unten um etwa 6 Octaven, Soret durch das fluorescirende Ocular nach oben um eine gute Octave erweitert hat, so kann man ermessen, um wie viel das mit dem Spectralapparate bewaffnete Auge auch bezüglich der Wahrnehmung von Strahlen verschiedener Schwingungsdauer, resp. verschiedener Schwingungsform (die ja immer als Zusammensetzung von Strahlen verschiedener Schwingungsdauer aufgefasst werden kann), dem Ohre überlegen ist. Das Auge wurde dadurch gewissermassen ein ganz neuer Sinn. Nur durch die sinnliche Wahrnehmung aber ziehen die Vorstellungen in unseren Geist ein. Wer daher erstere erweitert und verfeinert, der durchbricht eine Schranke für unseren Geist und wie sehr hat dies in unserem Falle der Erfolg bestätigt.

Schon wenige Tage nach der Erfindung der Spectralanalyse entdeckte Bunsen durch sie zwei neue Metalle; die Entdeckung zahlreicher anderer folgte und zwar fast ausschliesslich mit Hilfe der Spectralanalyse, von deren Empfindlichkeit man eine Vorstellung gewinnt, wenn man bedenkt, dass nach Roscoe noch der dreimillionte Theil eines Milligramms Kochsalz mit Sicherheit spectral nachgewiesen werden kann. In der Physik hat das Spectrum zu den weittragendsten Forschungen auf dem Gebiete der Doppelbrechung, der Drehung der Polarisations-Ebene, aber auch auf nicht optischen Gebieten, wie dem der Flüssigkeitsdiffusion geführt; in der Physiologie zur Auffindung des Ge-

setzes der Farbenmischung, der Farbenwahrnehmung, der Farbenblindheit etc.

Die Astronomen endeckten nicht nur die meisten irdischen Stoffe in der Sonne und den übrigen Weltkörpern und bewiesen somit die Gleichartigkeit aller Materie im Weltraume, sondern es gelang auch drei Typen der physikalischen Beschaffenheit der Fixsterne zu finden. Der erste Typus enthält Sterne, deren Beschaffenheit wesentlich der der Sonne gleicht; der zweite zeichnet sich durch dunkle Banden im Spectrum aus. Da solche immer durch Körper von verhältnissmässig tiefer Temperatur entstehen, so sind dies abgekühlte Sterne, welche relativ gegen unsere Sonne im Greisenalter stehen. Die Sterne des dritten Typus haben Spectra mit hellen Linien, unter denen namentlich die des Wasserstoffs vorherrschen, sich aber auch einige befinden, die keinem irdischen Stoffe entsprechen; dieselben sind also entweder reine Gasbälle ohne festen Kern oder es ist bei ihnen doch die Gasatmosphäre so vorherrschend, dass unser Blick nicht bis zum festen Kerne zu dringen vermag. Es sind dies die jugendlichen Sterne, die wahrscheinlich erst nach Aeonen sich bis zur Consistenz der Sonne verdichten werden. Die Spectralbeobachtung der Nebelflecken, des Nordlichts und der Kometen ergab höchst merkwürdige Resultate, deren Deutung grösstentheils Aufgabe der Zukunft sein wird. Bekannt ist, dass auf letzteren Himmelskörpern Kohlenwasserstoffe, wie sie bei uns die

Grundlage der organisirten Materie sind, und Alkoholdämpfe gefunden wurden. Dort könnten also organische Wesen existiren, die sich vielleicht sogar des Weingenusses erfreuen.

Im Spectrum der Sonne erscheinen die Linien dunkel, weil sich nach Kirchhoff die erzeugenden Stoffe in der Atmosphäre der Sonne befinden, die sich auf den noch weit helleren Sonnenkörper projicirt. Unmittelbar neben dem Rande des Sonnenkörpers sieht man dagegen offenbar nur die ihn überragende Sonnenatmosphäre projicirt auf den dunklen Weltraum. Dort müsste man also dieselben Linien hell erblicken, wenn Kirchhoff's Ansichten richtig sind. Dies zu prüfen, namentlich am Sonnenrande die hellen Natriumlinien zu erblicken, war längere Zeit Norman Lockyer bemüht, jedoch ohne Erfolg. Er konnte das alles überstrahlende Licht des Sonnenkörpers nicht scharf genug von dem der darüber lagernden Sonnenatmosphäre trennen. Da kam eine totale Sonnenfinsterniss zu Hilfe. Janssen, der behufs ihrer Beobachtung von der Pariser Academie nach Indien geschickt worden war, sah 1869 die ersten hellen Linien im Sonnenlichte. Die Trennung des Lichtes der Sonnenscheibe von dem der darüber hinausragenden Atmosphäre besorgte hier der Mond, indem er Erstere bedeckte. Man sah zugleich den bisher gemachten Fehler. Weil die Umkehrung zuerst bei der Natriumlinie geglückt war, so hatte man in der Sonnenatmosphäre immer die helle Natriumlinie gesucht

und sich dadurch die Trennung sehr erschwert, da der Natriumdampf vermöge seines grossen Gewichtes sich nur wenig über den Sonnenkörper erhebt. Dagegen erhebt sich das leichteste der Gase, das Wasserstoffgas sehr hoch und seine hellen Linien waren es in der That, die JANSSEN erblickte. Nachdem er wusste, was und wo zu suchen war, gelang es JANSSEN schon am nächsten Tage auch ohne Sonnenfinsterniss das Licht der Sonnenatmosphäre von dem des Sonnenkörpers genügend zu trennen und die hellen Wasserstofflinien zu sehen. Da das Spectroskop das Sonnenlicht beliebig zerstreut, die Wasserstofflinien aber nicht, so konnte er mittelst desselben auch die eigenthümlichen Wellen, Wolken und vulkanischen Ausbrüche, Protuberanzen genannt, bei hellem Sonnenscheine sichtbar machen, welche sich in dieser Wasserstoffatmosphäre der Sonne vorfinden und welche man schon früher bei totalen Sonnenfinsternissen sah, aber niemals hatte deuten können. „Wir haben jetzt alle Tage totale Sonnenfinsterniss," telegraphirte er nach Paris in der ersten Freude diese schönen Gebilde nun täglich beobachten zu können. Nun wusste auch LOCKYER, wohin seinen Apparat richten und sah in wenigen Tagen ebenfalls die hellen Wasserstofflinien. Ich muss der Versuchung noch weiter über Astrophysik zu sprechen wiederstehen, nur eins kann ich nicht unerwähnt lassen. Schon RÖMER und DOPPLER hatten darauf aufmerksam gemacht, dass gleichwie die Tonhöhe durch Entfernung der Schall-

quelle vom Beobachter vertieft, durch Annäherung an diesen erhöht wird, auch die Farbe eines Sternes dem roth oder violett genähert werden muss, wenn sich dieser von uns weg oder gegen uns bewegt, — sie glaubten dadurch die Erscheinung der farbigen Sterne erklären zu können; sie bedachten nicht, dass bei der Farbenunempfindlichkeit des freien Auges selbst die enormste Geschwindigkeit keine wahrnehmbare Farbenänderung erzeugen könnte, — liegt die durch die kosmischen Geschwindigkeiten erzeugte Farbenänderung doch selbst an der Grenze des spectral wahrnehmbaren; doch gelang es namentlich ZÖLLNER und VOGEL durch sehr feine Apparate eine ganz kleine Verschiebung in gewissen Sternen nachzuweisen. Diese nähern sich uns also oder fliehen uns, je nach dem Sinne der Verschiebung. In den Wirbelstürmen der Sonnenatmosphäre bewegt sich der Rand des Sturmgebietes wenig und in der Mitte desselben wechselt die Richtung der Bewegung, daher der Sinn der Verschiebung der Spectrallinien. Diese zeigen also an solchen Stellen eine *S*-förmige Krümmung, welche man durch künstliche Verjüngung der Spectrallinien thatsächlich beobachten kann, wie man an einem Stabe kleine Krümmungen leicht erkennt, wenn man in seiner Richtung blickt. Bei anderen Sonnenorkanen bewegen sich unregelmässig gewisse Partien schneller, andere langsamer, bald dahin, bald dorthin, daher werden auch die verschiedenen Punkte der Spectral-

linien bald stärker, bald schwächer, dahin und dorthin verschoben, täuschend als ob die feinen Linien im Spectralapparate durch die Stürme, die auf der Sonne blasen, zerzaust würden.

Den kosmischen Geschwindigkeiten vergleichbar ist die Geschwindigkeit der Wärmebewegung der Molecüle bei hohen Temperaturen. Sie ist daher ähnlich im Spectralapparate beobachtbar, wie zuerst Lippich zeigte. Nur die Lösung der nächst liegenden Aufgabe, aus der Beschaffenheit der Spectra selbst Aufschlüsse über die Natur der schwingenden Molecüle zu erhalten, wollte nicht recht glücken; doch ist auch hier der Anfang bereits durch die Entdeckung höchst wunderbarer Periodicitäts-Gesetze der Spectrallinien gemacht und Weiteres wird sicher der Geschichtsschreiber der Zukunft zu erzählen wissen. Des dem Telespectroskope gegenüberstehenden Mikrospectroskopes, der Anwendung des Spectralapparates in der Zuckerindustrie, beim Bessemerprocess, zur Erkennung der Weinverfälschung, zur Auffindung photographischer Sensibilatoren und zur Unterscheidung der Farbstoffe; in der Medicin zur Analyse des Blutes bei Leukämie und Kohlenoxydvergiftung gedenke ich nur im Vorübergehen.

Fast niemals im Verlaufe der Geschichte, am wenigsten heutzutage, wo so Viele wissenschaftlich forschen, ereignete es sich, dass derselbe Kopf, welcher

eine Idee zum ersten Male fasste, sie auch zur Vollendung brachte. Fast alle Ideen sind schon vorher geahnt, vorbereitet und da und dort dunkel angedeutet worden, bis der Mann kam, der dem zerstreuten Materiale Form und Gestalt gab. Diesen werden wir immer als den Erfinder bezeichnen, ohne natürlich hierdurch das Verdienst seiner Vorgänger schmälern zu wollen; — so werden wir Gutenberg den Erfinder der Buchdruckerkunst, Watt den der Dampfmaschine, Mayer den Entdecker des Arbeits-Aequivalents der Wärme, Darwin den der Transmutationstheorie nennen, Graham Bell werden wir die Erfindung des Telephons und Edison die der Glühlichtlampe nicht streitig machen können, ohne zu leugnen, dass jeder dieser Männer seine Vor- und Mitarbeiter hatte. — Je grösser die Erfindung, desto leichter führt dann dieser Umstand zu Prioritätsstreitigkeiten, und an solchen hat es auch in der Geschichte der Spectralanalyse nicht gefehlt.

Schon um jeden Schein von Parteilichkeit zu vermeiden, muss ich mich daher noch etwas ausführlicher über deren Entdeckungsgeschichte verbreiten. Wir sahen, dass das Spectrum schon seit Newton's Zeit die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich zog, und diese wuchs seit der Darstellung seiner dunklen Linien. So hatte Brewster bemerkt, dass bei tiefem Sonnenstande zu diesen Linien noch neue, durch die atmosphärische Luft erzeugte hinzukommen. Brewster hat auch schon Flammenspectra beobachtet und Miller 1845 sogar

solche gezeichnet; da er aber eine Alkoholflamme verwendete, welche selbst ziemlich stark leuchtete, dagegen die darin enthaltenen Salze nur schwach erhitzte, so gelangen die Zeichnungen so wenig, dass die charakteristischen Linien der Salze darin gar nicht erkennbar sind. — SWAN hatte besonders die Kohlenstofflinien eingehend beobachtet und dabei auch der gelben Natriumlinie Aufmerksamkeit geschenkt, deren Entstehung durch Natrium er vermuthete. Diese war auch anderweitig vielfach beobachtet und ihr Zusammenhang mit der *D*-Linie bemerkt worden. BREWSTER bemerkte auch den Zusammenhang einiger anderer heller Linien mit FRAUNHOFER'schen Linien.

WHEATSTON, MASSON, ANGSTRÖM, VAN DER WILLIGEN, DESPREZ und PLÜCKER untersuchten das Spectrum electrischer Entladungen und fanden es von der Natur sowohl der Electroden, als auch der umgebenden Gase abhängig.

FOUCAULT machte sogar schon zehn Jahre vor KIRCHHOFF einen Umkehrungsversuch, indem er das Licht der electrisch glühenden Kohlen durch den Flammenbogen zurückreflectirte, wobei an Stelle der hellen Natriumlinie eine dunkle zum Vorschein kam, aber Niemand erklärte — ja Niemand beachtete dies weiter. HERSCHEL und TALBOT sprachen schon die Idee aus, dass das Spectrum zu einem Schlusse über die Natur der in einer Flamme enthaltenen Substanzen verwendet werden könnte, aber wie weit waren sie von einer

consequenten Durchführung dieser hingeworfenen Idee entfernt, da sie sogar die Natriumlinie manchmal brennendem Schwefel, ja sogar dem verdampfenden Krystallwasser zuschrieben und glaubten, Chlorcalcium könne ohne Gewichtsabnahme Spectrallinien geben. — Von einer anderen Seite kam Balfour Stewart der Entdeckung Kirchhoff's nahe, indem er den Satz, dass ein Körper immer dieselben Strahlen absorbirt, die er aussendet, durch viele Experimente mit strahlender Wärme und Licht bestätigte. Allein er machte wieder keine directe Anwendung desselben auf die Spectralanalyse. Dieser Satz wurde auch schon von Angström, wenngleich unbestimmt und hypothetisch, behauptet, und soll schon lange von Stokes und Thomson in ihren Vorlesungen gelehrt und auch daraus der Schluss auf die Anwesenheit von Natrium in der Sonne gezogen worden sein, offenbar ohne Kenntniss der universellen Bedeutung hiervon, jedenfalls ohne irgend eine weitere Anwendung.

Sicher werden wir die grossen Verdienste aller dieser Vorläufer Kirchhoff's nicht in Abrede stellen (habe ich ja doch einen guten Theil der bedeutendsten Physiker von vier Nationen genannt), aber ebenso sicher wird dadurch unsere Bewunderung Kirchhoff's nicht geschmälert werden, ja sie wird noch gesteigert, wenn wir sehen, wie so viele der grössten Denker unseres Jahrhunderts sich Jahre lang mit dem Spectrum beschäftigten, der Entdeckung Kirchhoff's schon so nahe

waren und sie nicht machten. Wie beim „Blinde-Kuh-Spiele“ hatte bald Dieser, bald Jener schon einen Zipfel davon erfasst, und liess sie immer wieder entschlüpfen, bis endlich der kam, dem die Augen nicht verbunden waren und der in wenigen Monaten alle diese Gedankensplitter zum einheitlichen Ganzen ordnete, den Umkehrungssatz theoretisch und experimentell unwiderleglich begründete, durch Nachweis der Constanz und Superposition der Spectra der Analyse durch das Spectrum eine feste Basis schuf, zahllose charakteristische Spectra von Elementen fixirte, die Coincidenz zahlloser Fraunhofer'scher Linien nachwies und Darstellung und Messung der Spectra zu solcher Meisterschaft brachte, dass sofort die Entdeckungen der Physik, Chemie und Astronomie folgten. — In nahezu drolliger Weise macht Tait in seinem Buche über die neuesten Fortschritte der Physik seinem Aerger Luft, dass die Entdeckung keinem der Engländer gelang, die ihr so nahe waren. Er zeiht seine Landsleute der Indolenz; darin, dass diese in Folge mangelhafter Kenntniss der Literatur, welche Kirchhoff geläufiger war, die Sache für schon allgemein bekannt gehalten hätten, erblickt er die Wurzel des Uebels und schlägt vor, demselben durch regelmässige Literaturberichte für die Zukunft abzuhelfen. Solche regelmässige Literaturübersichten, zu deren eifrigen Lesern ich gehöre, werden seither in der That von der britischen Gesellschaft geliefert, ich weiss nicht, ob in Folge der erwähnten Bemerkung Tait's;

wäre dies aber der Fall, so glaube ich, dass da eine treffliche Einrichtung einem grossen Irrthume entsprungen ist. Die Ursache, warum Kirchhoff die Spectralanalyse entdeckte — Herr Tait möge mir meinen Widerspruch verzeihen — die war, glaube ich, doch Kirchhoff's Genius, und wenn diesen noch ein glücklicher Zufall unterstützte, so war es allein die Anregung und thatkräftige Unterstützung durch Bunsen.

Ist die Spectralanalyse auch die glänzendste Entdeckung Kirchhoff's, so würde man doch sehr irren, wenn man sie für dessen einzige Geistesthat hielte. Kirchhoff wäre durch seine anderen Arbeiten ebenso einer der grössten Gelehrten aller Zeiten, selbst wenn er nie ein Prisma zur Hand genommen hätte. Schon seine ersten Arbeiten über die Strömung der Electricität in Platten, über die Stromverzweigung und den electrostatischen Beweis des Ohm'schen Gesetzes waren epochemachend. Dieses Gesetz, das man damals erst zu beachten anfing, wurde dadurch bedeutend verallgemeinert und erweitert. Die bezüglichen Kirchhoff'schen Sätze sind noch heute in ununterbrochener Anwendung in Wissenschaft und Technik. Diese Arbeiten waren theoretisch und experimentell zugleich, ein Vorbild des gesammten wissenschaftlichen Charakters Kirchhoff's; dann lieferte er eine grosse theoretische und experimentelle Untersuchung der Elasticitätsverhältnisse von Stahl und Messing, durch welche der lange Streit zwi-

schen CAGNIARD DE LA TOUR und WERTHEIM seine endgültige Entscheidung fand; hierauf nahmen die Spectral- und Sonnenbeobachtungen Alles in Anspruch. Doch kein sterbliches Auge verträgt zu lange deren Glanz. Wie der Sonnenflecken-Beobachter GALILEI und der Astrophysiker JANSSEN, fühlte auch KIRCHHOFF bald die Schwächung seiner Sehkraft; dieser Umstand und ein hartnäckiges Fussleiden, welches ihn zwang, durch lange Zeit seinen Hörsaal auf Krücken oder gar im Rollstuhle zu besuchen, verleideten ihm die experimentelle Thätigkeit. Desto unermüdlicher arbeitete er auf mathematisch-physikalischem Gebiete. Sind diese seine Arbeiten auch dem Publikum weniger verständlich —, gewiss, sie sind nicht minder gross. Gestatten Sie mir bei ihrer Beschreibung nochmals etwas weiter auszuholen.

Sucht die Experimentalphysik neue Erscheinungen zu finden, so geht das Bestreben der theoretischen dahin, die gegebenen Erscheinungen qualitativ und quantitativ in ihrem ganzen Verlaufe zu erfassen. Die einfachsten können durch gewöhnliche Zahlen gemessen werden; grössere Allgemeinheit erzielt die Algebra, aber ein wahres Erfassen des continuirlichen Verlaufes von Naturerscheinungen wird erst durch die Mathematik des Continuums, die Infinitesimalrechnung möglich. — Da gelang es nun nicht etwa zuerst von dem Unbedeutendsten, wie von den Geheimnissen des Wachsthums eines Grashalmes oder der Gestaltveränderungen einer im Wasser aufsteigenden Luftblase den Schleier

zu lüften, nein! zuerst gelang die Auffassung der Bewegung der Himmelskörper im Weltenraume so genau, dass wir sie durch mathematische Formeln treu wiederspiegeln und für alle Zukunft vorausberechnen können. Mühsam stieg dann die theoretische Physik vom Himmel auf die Erde herab. Die Dimensionen der Himmelskörper, wenn auch noch so colossal, sind doch verschwindend im Vergleich mit ihren gegenseitigen Distanzen, man kann sie daher als einzelne Massenpunkte betrachten, die sich im unendlichen Raume bewegen; die complicirten irdischen Erscheinungen suchte man nun in zweifacher Weise mathematisch zu erfassen; erstens, man sah die irdischen Körper auch als Aggregate von Massenpunkten, den Molecülen an, auf die man mit gewissen Modificationen die Bewegungsgesetze der Himmelskörper übertrug, nur dass man da in einem Wassertropfen schon ungezählte Millionen annehmen musste; zweitens, man suchte neue mathematische Begriffe zu bilden, welche die Körper, wie sie sich dem Auge darbieten, als continuirlich mit Masse erfüllt darstellen. — Die erstere Anschauung dringt tiefer in das Wesen der Dinge ein, die zweite ist freier von unbeweisbaren Hypothesen. — Beide Anschauungen ringen noch heute miteinander; die erste wurde hauptsächlich von den französischen Geometern Navier, Poisson, Laplace, Cauchy, Fourrier inaugurirt und fand durch Weber ihre Vollendung, die letztere hatte ihren ersten Vorkämpfer in Euler. Die Blüthe der französischen

Mathematik um die Zeit der grossen Revolution verschaffte Anfangs der ersten Methode allgemeines Uebergewicht; sie verlor aber wieder an Credit durch das Fiasco, welches ein von POISSON durch Rechnung gewonnener Satz der Elasticitätslehre machte. — Schon WERTHEIM bekämpfte diesen Satz und mit ihm die POISSON'sche Theorie erfolgreich, — seine definitive Widerlegung fand er freilich erst später durch KIRCHHOFF. Selbst Franzosen wie LAMÉ wandten sich wieder der zweiten Methode zu und diese wurde in Deutschland hauptsächlich durch NEUMANN und dessen Schüler KIRCHHOFF ausgebildet. — Nicht kühne Hypothesen über das Wesen der Materie zu bilden und aus der Bewegung der Molecüle die Bewegung der Körper zu errathen, ist ihr Ziel, sondern Gleichungen zu bilden, welche frei von Hypothesen möglichst getreu und quantitativ richtig der Erscheinungswelt entsprechen, unbekümmert um das Wesen der Dinge und Kräfte. — Ja in seinem Buche über Mechanik will KIRCHHOFF sogar alle metaphysischen Begriffe, wie den der Kraft, der Ursache einer Bewegung, verbannen, er sucht bloss die Gleichungen, welche den beobachteten Bewegungen möglichst genau entsprechen. Das Staunen über diese neue Behandlungsweise der Mechanik war Anfangs allgemein, doch wich es bald der zwingenden Kraft seiner Logik. Auch die Theorie der Magnetisirung war früher auf Hypothesen über die Beschaffenheit der magnetischen Molecüle gebaut worden. KIRCHHOFF sucht ohne

Hypothese über das Wesen des Magnetismus bloss aus den einfachsten Voraussetzungen über dessen Wirksamkeit jene Gleichungen zu gewinnen, welche alle magnetischen Erscheinungen voraus zu berechnen erlauben und Aehnliches gilt von seinen Arbeiten über Electricität, Wärmelehre etc.

Wie Viele, die ihr Auge am Spiele der Wellen eines Bächleins ergötzen, denken an die Schwierigkeit, die es bietet, Gleichungen aufzustellen, aus denen jede Form jedes Wellenkammes genau berechnet werden kann. Da ist es also zunächst nothwendig, die einfachsten Formen der Naturerscheinungen, aus denen wir am meisten lernen können, in Gleichungen zu fassen, und aus ihnen dann die complicirteren zusammenzusetzen. Mit unglaublichem Scharfblick gelang Kirchhoff die Auffindung einer Fülle von Fällen, in denen die Berechnung gelingt und die sich zudem besonders als Bausteine zu weiterer Arbeit eignen. Seine Berechnung der electrischen Schwingungen in Drähten, seine Verallgemeinerung der Wheatston'schen Drahtcombination dienen zahlreichen Experimentaluntersuchungen als Grundlage, — schon lange, ehe Paccinotti und Gramme ihren lichterzeugenden Eisenring schmiedeten, berechnete er die Magnetisirung eines unendlich langen Eisencylinders. — Dieses Problem ist der unmittelbare Vorläufer der Berechnung der Magnetisirung eines Ringes, da für den Mathematiker die beiden Enden eines unendlich langen Cylinders sich berühren. —

„*Ultima se tangunt*". Ja nach den Untersuchungen KARL NEUMANN's über Ring-Potentiale ist die Ableitung des letzteren Problemes aus dem ersteren nur mehr eine Frage der Zeit, oder vielmehr es ist nur die Frage, wann ein Mathematiker sich dazu einmal die Zeit nimmt. Specielle Fälle dieses Problems hat schon KIRCHHOFF berechnet, welche vielen seiner Schüler zur Bestimmung von Magnetisirungsconstanten dienten. — Statische Electricität kann nur gut durch Ladung zweier paralleler Platten, eines sogenannten Condensators beobachtet werden; — die Theorie eines solchen wurde zuerst von CLAUSIUS gegeben, doch setzte dieser die Platten als unendlich dünn voraus, so dass deren Anwendung auf einen gewöhnlichen Condensator nur zu beiläufigen Resultaten führen konnte. KIRCHHOFF lehrte, wie deren Dicke zu berücksichtigen ist, und machte damit den Condensator zu einem der wichtigsten Messapparate statischer Electricität. KIRCHHOFF's Arbeiten über die Electrostriction, Vertheilung der Electricität auf Kugeln, über Wirbelringe, über Dampfspannungen und Wärmeleitung in parallelepipedischen Körpern, über Schallfortpflanzung in engen Röhren, über das HUYGHENS'sche Princip und Reflexion und Brechung des Lichtes kann ich nur mehr dem Namen nach erwähnen.

Traf in allen diesen Fällen die Analyse KIRCHHOFF's gerade die brennendsten Fragen der Physik, so sind andere Arbeiten KIRCHHOFF's, wie man zu sagen pflegt, wieder bloss von mathematischem Interesse, das heisst

ihre Wichtigkeit liegt nicht in dem Resultate, sondern in der Vervollkommnung der mathematischen Methode. — Derjenige, dem solche Leistungen unwichtig erscheinen, gleicht jenem griechischen Philosophen, der die Untersuchungen ARCHIMEDES' über die Eigenschaften der Ellipse als Spielereien erklärte, da diese ausser ihrer gefälligen Form doch gar keine Wichtigkeit habe.

Wie kurzsichtig ist diese Beschränkung auf das momentan Nützliche und wie richtig hatte ARCHIMEDES das universell Bedeutende erfasst! Seine Forschung wurde die Grundlage aller späteren astronomischen Entdeckungen, welche heut zu Tage Tausende von Schiffen im Meere vor sicherem Untergange bewahren. Wer die Schwierigkeiten kennt, die mathematischen Formeln zu finden, welche die Naturerscheinungen genau zu beschreiben und voraus zu berechnen erlauben, der begreift, dass dieses Ziel nur durch schrittweises Vordringen erreicht werden kann, und schätzt den Vortheil jeder Vervollkommnung der mathematischen Methode, wenn er auch zugiebt, dass DIRICHLET die Grösse einer Entdeckung zu ausschliesslich nach dem dabei aufgewandten mathematischen Scharfsinne taxirte, welcher die Berechnung der Classenzahl aller quadratischen Formen als die grösste Entdeckung unseres Jahrhunderts gepriesen haben soll.

Gerade unter den zuletzt erwähnten Abhandlungen KIRCHHOFF's sind einige von ungewöhnlicher Schönheit. Schönheit höre ich Sie da fragen; entfliehen nicht die

Grazien, wo Integrale ihre Hälse recken, kann etwas schön sein, wo dem Autor auch zur kleinsten äusseren Ausschmückung die Zeit fehlt? — Doch —; gerade durch diese Einfachheit, durch diese Unentbehrlichkeit jedes Wortes, jedes Buchstaben, jedes Strichelchens kömmt der Mathematiker unter allen Künstlern dem Weltenschöpfer am nächsten; sie begründet eine Erhabenheit, die in keiner Kunst ein Gleiches. — Aehnliches höchstens in der symphonischen Musik hat. Erkannten doch schon die Pythagoräer die Aehnlichkeit der subjectivsten und der objectivsten der Künste. — *Ultima se tangunt.* Und wie ausdrucksfähig, wie fein charakterisirend ist dabei die Mathematik. Wie der Musiker bei den ersten Tacten MOZART, BEETHOVEN, SCHUBERT erkennt, so würde der Mathematiker nach wenig Seiten, seinen CAUCHY, GAUSS, JACOBI, HELMHOLTZ unterscheiden. Höchste äussere Eleganz, mitunter etwas schwaches Knochengerüste der Schlüsse charakterisirt die Franzosen, die grösste dramatische Wucht die Engländer, vor Allen MAXWELL. Wer kennt nicht seine dynamische Gastheorie? — Zuerst entwickeln sich majestätisch die Variationen der Geschwindigkeiten, dann setzen von der einen Seite die Zustands-Gleichungen, von der anderen die Gleichungen der Centralbewegung ein, immer höher wogt das Chaos der Formeln; plötzlich ertönen die vier Worte: „Put $n = 5$." Der böse Dämon V verschwindet, wie in der Musik eine wilde, bisher alles unterwühlende Figur der Bässe plötzlich verstummt;

wie mit einem Zauberschlage ordnet sich, was früher unbezwingbar schien. Da ist keine Zeit zu sagen, warum diese oder jene Substitution gemacht wird; wer das nicht fühlt, lege das Buch weg; MAXWELL ist kein Programmmusiker, der über die Noten deren Erklärung setzen muss. Gefügig speien nun die Formeln Resultat auf Resultat aus, bis überraschend als Schlusseffect noch das Wärme-Gleichgewicht eines schweren Gases gewonnen wird und der Vorhang sinkt.

Ich erinnere mich noch, wie KIRCHHOFF mir im Gespräche über diese Abhandlung die Bemerkung machte: „so muss man über Gastheorie schreiben.“ — KIRCHHOFF selbst schrieb nie über Gastheorie; seine ganze Richtung war eine andere, und ebenso auch deren treues Abbild, die Form seiner Darstellung, welche wir neben der EULER's, GAUSS', NEUMANN's etc. wohl als Prototyp der deutschen Behandlungsweise mathematisch-physikalischer Probleme hinzustellen berechtigt sind. Ihn charakterisirt die schärfste Präcisirung der Hypothesen, feine Durchfeilung, ruhige mehr epische Fortentwicklung mit eiserner Consequenz ohne Verschweigung irgend einer Schwierigkeit, unter Aufhellung des leisesten Schattens. Um nochmals zu meiner Allegorie zurück zu greifen, er glich dem Denker in Tönen: BEETHOVEN. — Wer in Zweifel zieht, dass mathematische Werke künstlerisch schön sein können, der lese seine Abhandlung über Absorption und Emission oder den der Hydrodynamik gewidmeten Abschnitt seiner Mechanik.

Verzeihen Sie, wenn ich besonders im letzten Theile unverständlich oder unanschaulich wurde, gewiss ich möchte lieber an der Hörsaaltafel den Ideengang einer KIRCHHOFF'schen Abhandlung entwickeln, anstatt über sie zu schwatzen, wie ein Capellmeister lieber eine Symphonie BEETHOVENS aufführt, als alle neun in Worten schildert.

Nun habe Dank geliebter Schatten für Deine Führung. — Wie leicht wandelt es sich an Deiner sanften Hand auf den steilen Pfaden der Wissenschaft. Kehre zurück, wo Du mit so vielen grossen Geistern weilst, der grössten Einer. — Fürwahr die späteste Nachwelt wird den grossen Männern, die unser Jahrhundert zeugte, die Bewunderung nicht versagen. Wenn etwas ihr gleichen könnte, so wäre es höchstens die Verwunderung, dass dasselbe Jahrhundert so viel lächerliches Zopfthum, so viel überkommenen Unsinn und thörichten Aberglauben nicht los werden konnte. — Erlauben Sie mir, dass ich sie da an ein Sonnet erinnere, das von einem Dichter stammt, der auch Naturforscher war und dessen altmodische Derbheit in unserer Zeit der Glacéhandschuhe freilich etwas wunderlich klingt. Es lautet:

Die Wahrheit sie besteht in Ewigkeit,
Wenn erst die blöde Welt ihr Licht erkannt;
Der Lehrsatz nach Pythagoras benannt
Gilt heute, wie er galt zu seiner Zeit.

Ein Opfer hat Pythagoras geweiht
Den Göttern, die den Lichtstrahl ihm gesandt;
Es thaten kund, geschlachtet und verbrannt,
Einhundert Ochsen seine Dankbarkeit.

Die Ochsen seit dem Tage, wenn sie wittern,
Dass eine neue Wahrheit sich enthülle,
Erheben ein unmenschliches Gebrülle.

Pythagoras erfüllt sie mit Entsetzen,
Und machtlos sich dem Licht zu widersetzen
Verschliessen sie die Augen und erzittern.

Fast scheint es, als ob dieses Gedichtchen gerade so ewig wahr bleiben sollte, wie der pythagoräische Lehrsatz, den es besingt.

Tönt es nicht heute lauter denn je, das Gebrülle aller Dunkelmänner, aller Feinde der freien Meinungsäusserung und Forschung wider den neuen pythagoräischen Lehrsatz, die Lehre Darwins?

Aber wohl uns; es ist der Sturm, der das Nahen des Frühlings verkündet. — Doch bis dahin kömmt der leichtfertige Spott zu früh, bis dahin rüstet den bittern blutigen Kampf, der zwar nicht mit Pulver und Blei ausgefochten wird, aber doch Tausende dahinraffte, Tausende der Edelsten. — Wer zählt die Gräber, auf die alle die Grabschrift gesetzt werden könnte, die Schiller für Rousseau's Grab dichtete? Wann wird doch die alte Wunde narben?

In diesem Kampfe der Geister nicht die Letzte zu sein, das sei Deine Aufgabe Alma Mater Graecensis im vierten Jahrhunderte Deines Lebens, und sollte dieses den Mauern unserer Stadt wieder einen Kepler bringen, so sei nicht seine Gegnerin, sondern er sei Dein!

